



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

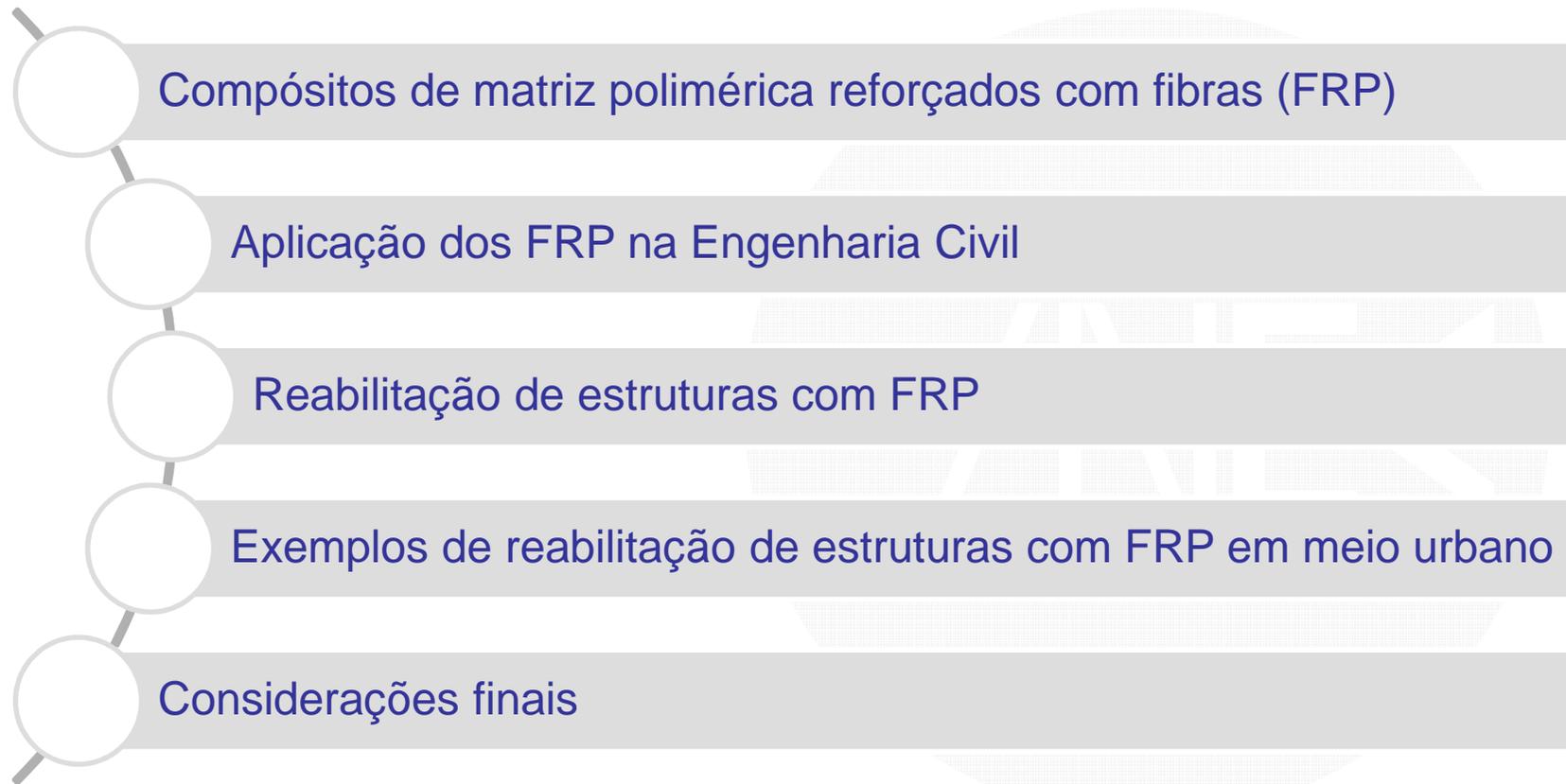
Utilização de materiais compósitos de matriz polimérica na reabilitação urbana

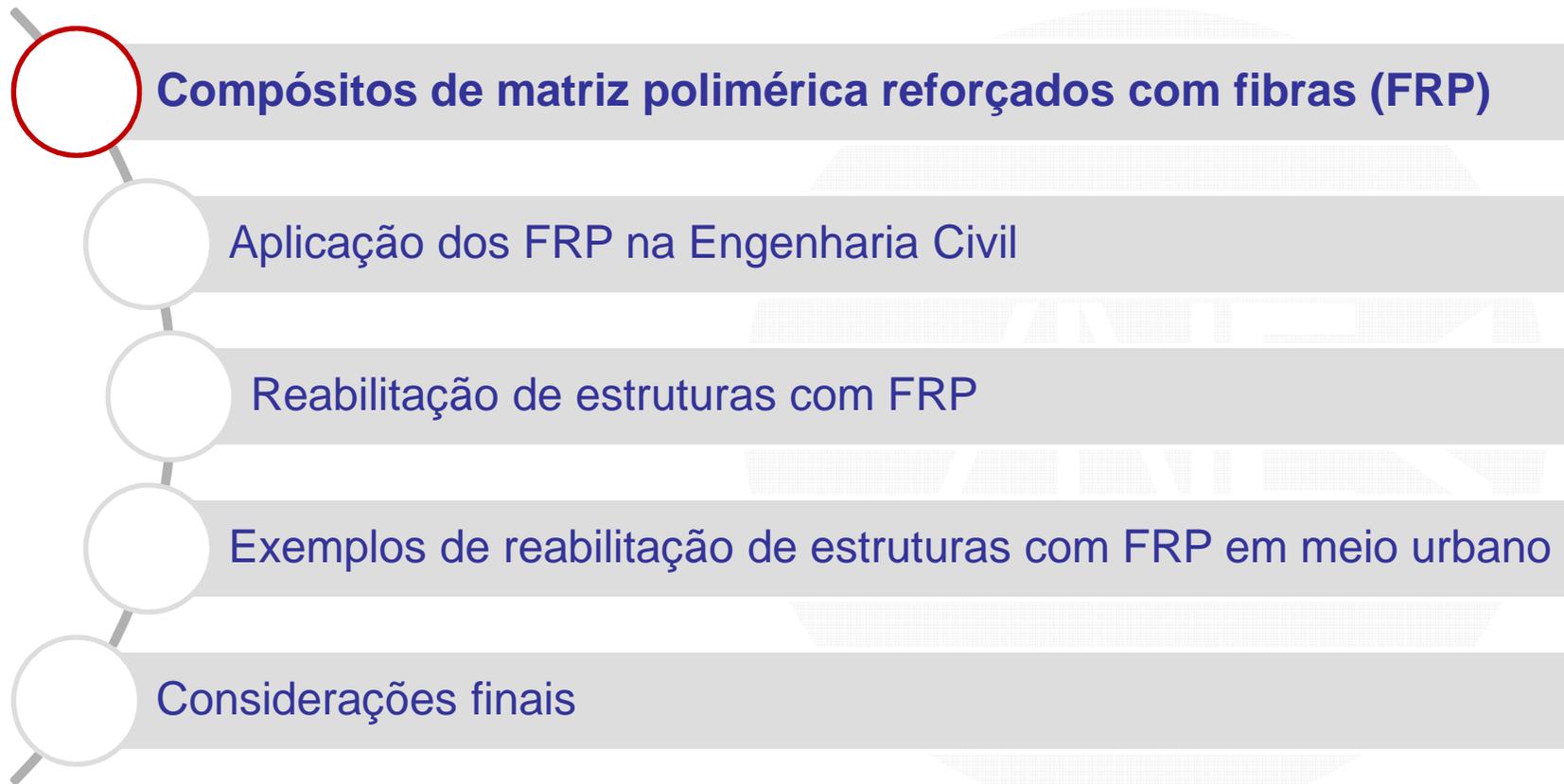
Susana Cabral-Fonseca

Investigadora Auxiliar

LNEC







FRP: DEFINIÇÃO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

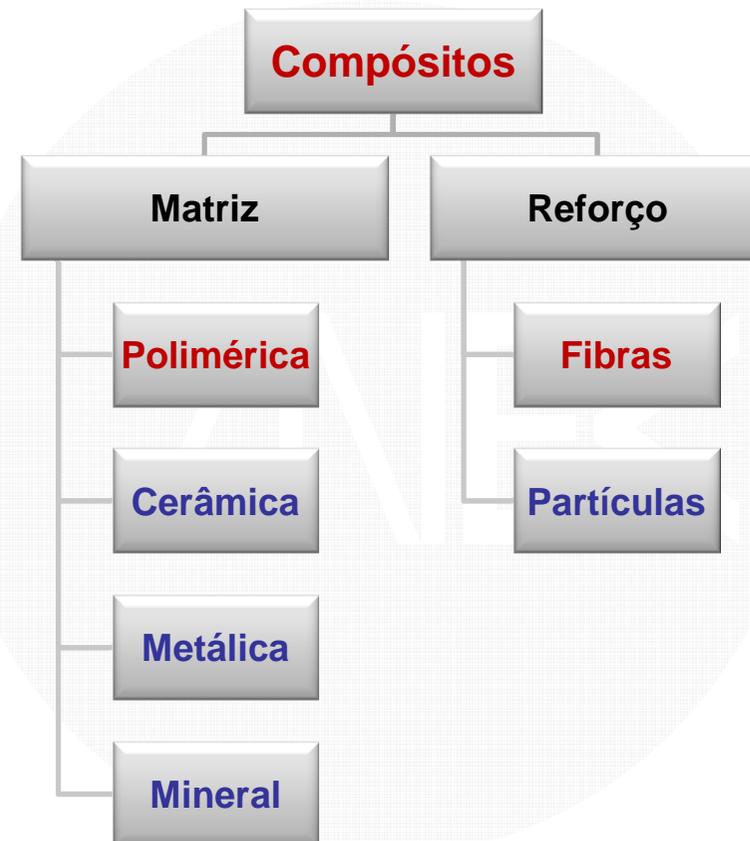
Material compósito

Material de características otimizadas, produzido através da combinação apropriada de dois ou mais constituintes que mantêm substancialmente a sua identidade.

Material compósito de matriz polimérica reforçado com fibras

FRP

“Fibre Reinforced Plastics”



FRP: COMPOSIÇÃO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Componente menos resistente mas que protege as fibras e garante a continuidade

Componente muito resistente, mas frágil

Adicionados em pequenas quantidades com funções específicas

Tornam o material mais económico

MATRIZ POLIMÉRICA DOS FRP

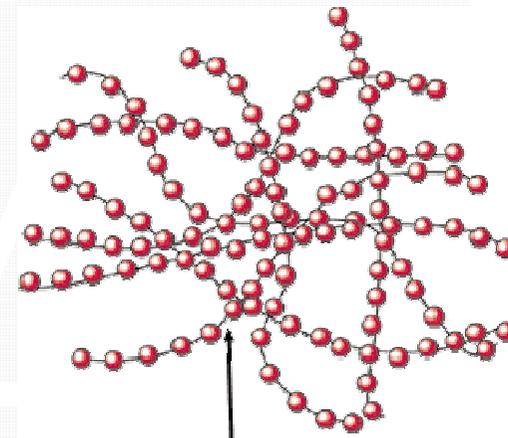
Polímero: do grego *poli* + *meros* – material constituído por moléculas de grandes dimensões, macromoléculas, que contêm na sua cadeia central unidades repetitivas, os monómeros, unidos por ligações fortes; em contrapartida, as ligações entre as moléculas são mais fracas.

Termoplástico:

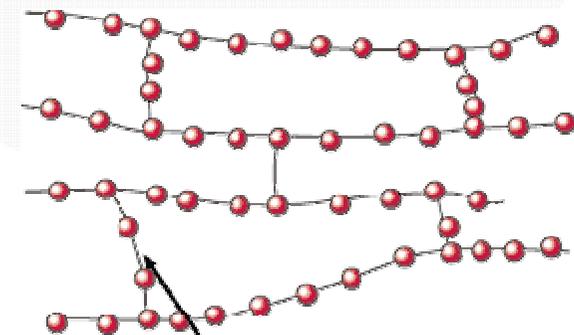
Fundem quando aquecidos e assumem formas específicas neste estado que retêm quando arrefecem

Termoendurecível:

São polímeros reticulados formados através de reacções químicas irreversíveis; não fundem quando aquecidos.



Long tangled chains of molecules



Long cross-linked molecular chains

FIBRAS DE REFORÇO DOS FRP: NATUREZA



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- ✓ Grande resistência à temperatura; boa aderência às matrizes poliméricas; transparente; boas propriedades eléctricas; boa relação qualidade/preço.
- ✗ Grande susceptibilidade a danos de superfície; características mecânicas inferiores às dos outros tipos de fibras, nomeadamente no módulo de elasticidade.
- ✓ Excelentes características mecânicas em tracção, compressão e fadiga; boa resistência a altas temperaturas (sem oxigénio); boa condutividade térmica e eléctrica; elevada estabilidade dimensional.
- ✗ Sensibilidade ao choque e à abrasão; corrosão do tipo galvânico; são atacadas pelo oxigénio a temperaturas elevadas; cor negra.
- ✓ Baixa densidade; resistência específica em tracção muito elevada; excelente resistência ao choque, a vibrações e ao desgaste; bom comportamento ao fogo; boa resistência química.
- ✗ Fraco comportamento à compressão, aderência medíocre à maioria das matrizes poliméricas; absorção de humidade; sensibilidade aos UV, má resistência química a ácidos fortes concentrados.

VIDRO



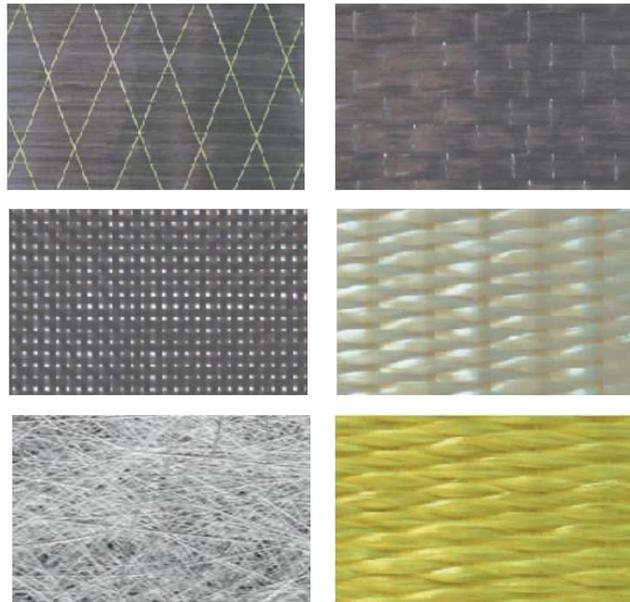
CARBONO



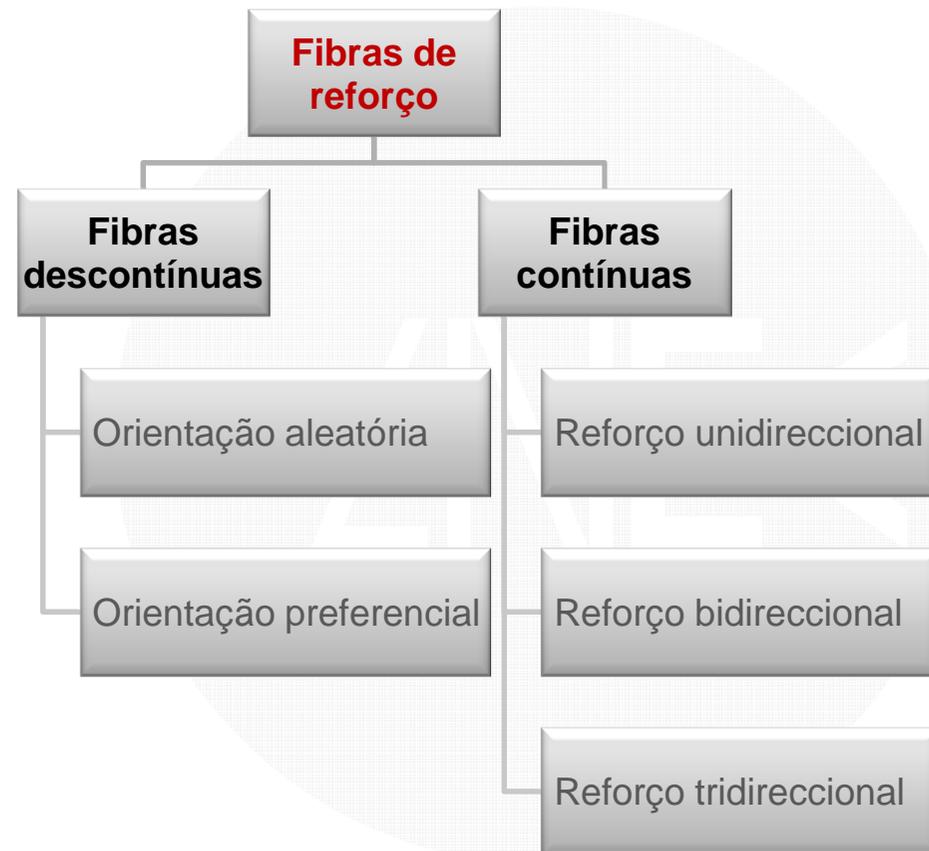
ARAMIDA



FIBRAS DE REFORÇO DOS FRP: CONFIGURAÇÃO



Feixe
Cordão
Mantas
Tecidos



PROPRIEDADES DOS FRP

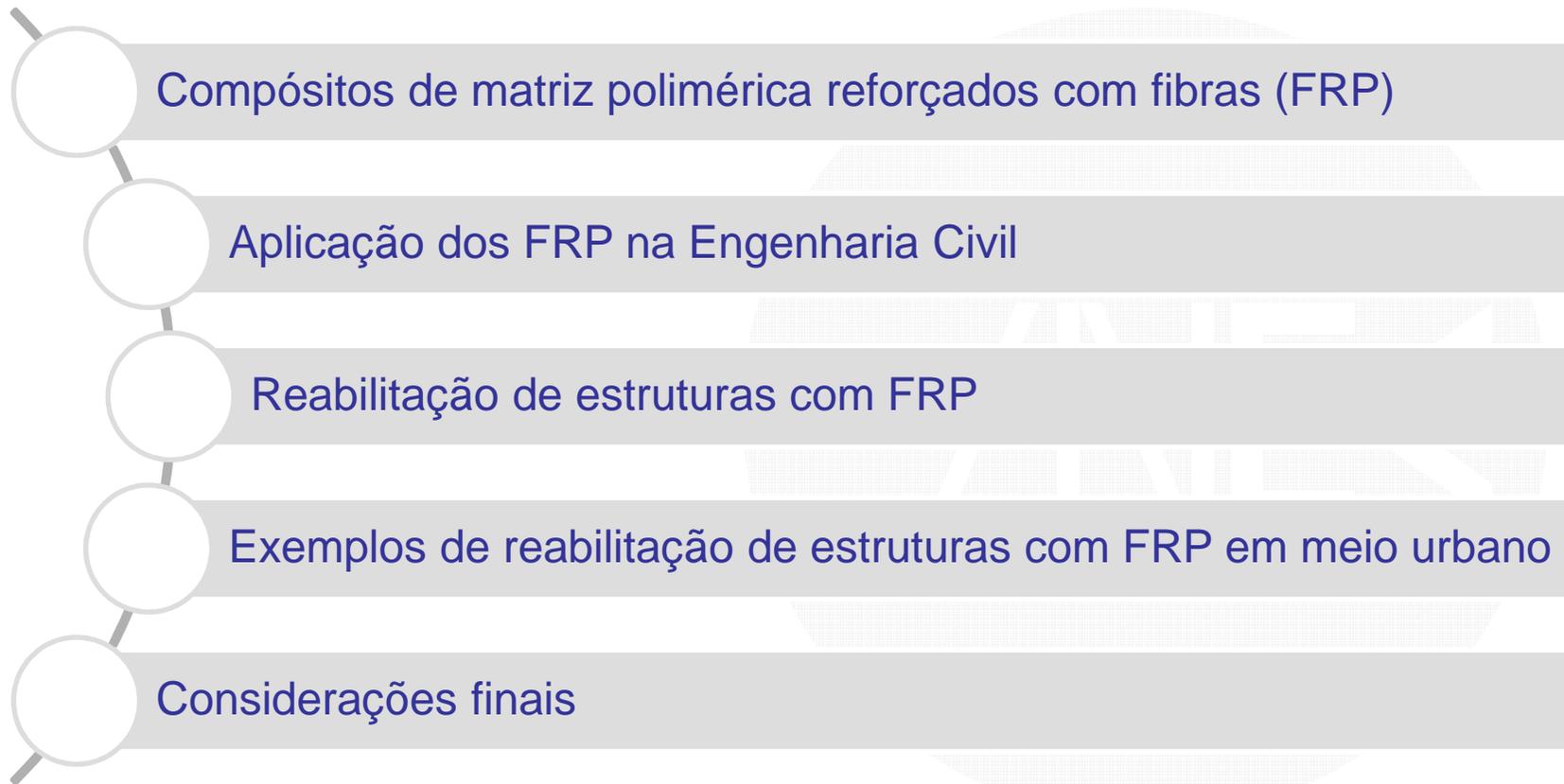
As propriedades dependem de:

- i) Propriedades das fibras;
- ii) Propriedades da matriz;
- iii) Razão fibra/matriz no compósito;
- iv) Geometria da orientação das fibras;
- v) Processo de fabrico.

Diversidade de ...

- tipos de matriz
- tipos de fibras
- formas do reforço
- técnicas de processamento

... gama muito alargada de propriedades

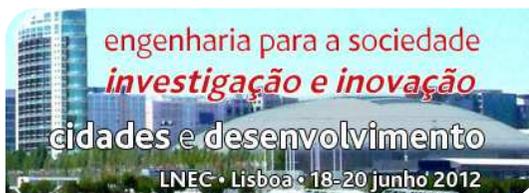
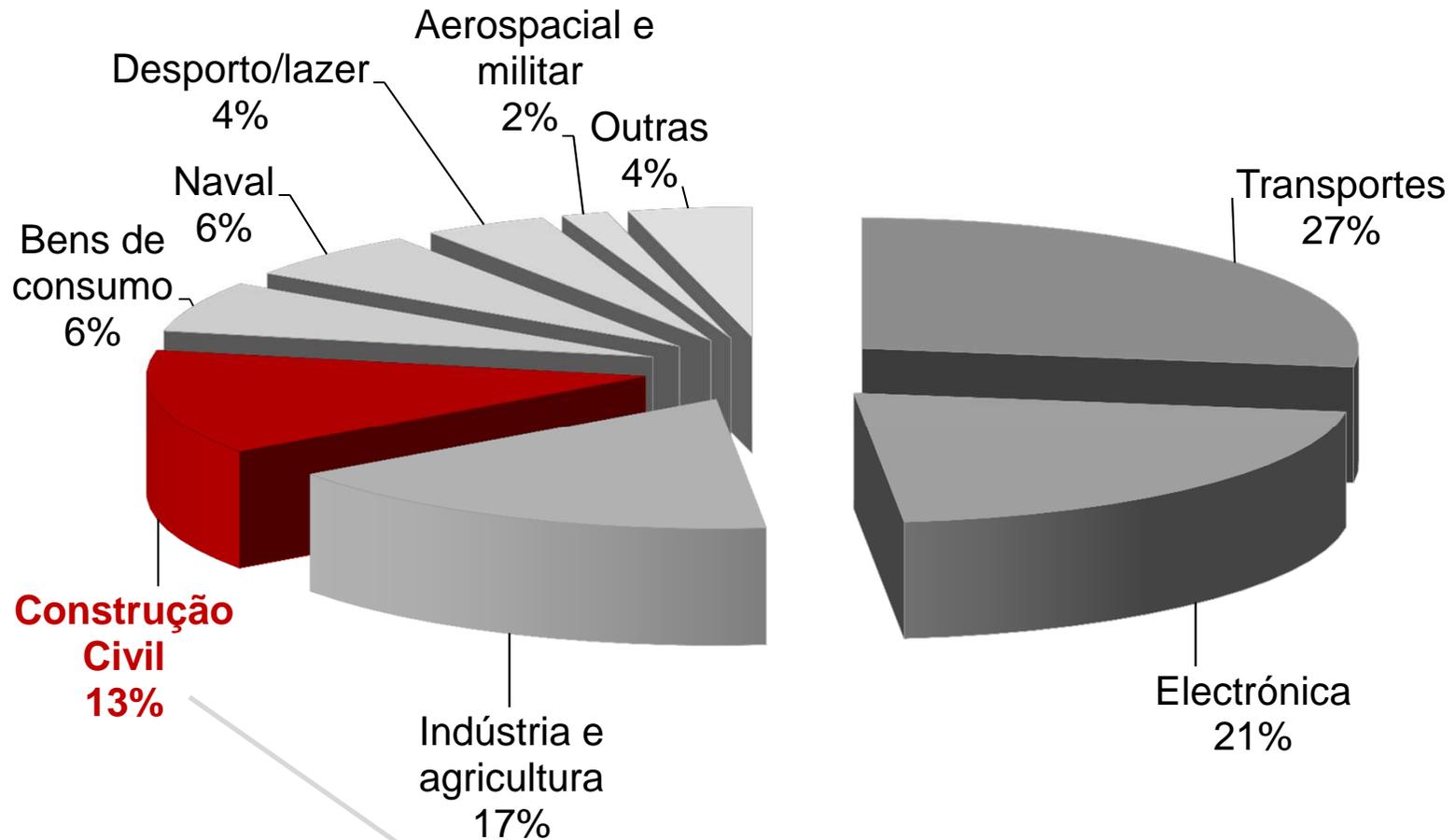




CAMPOS DE APLICAÇÃO DOS FRP



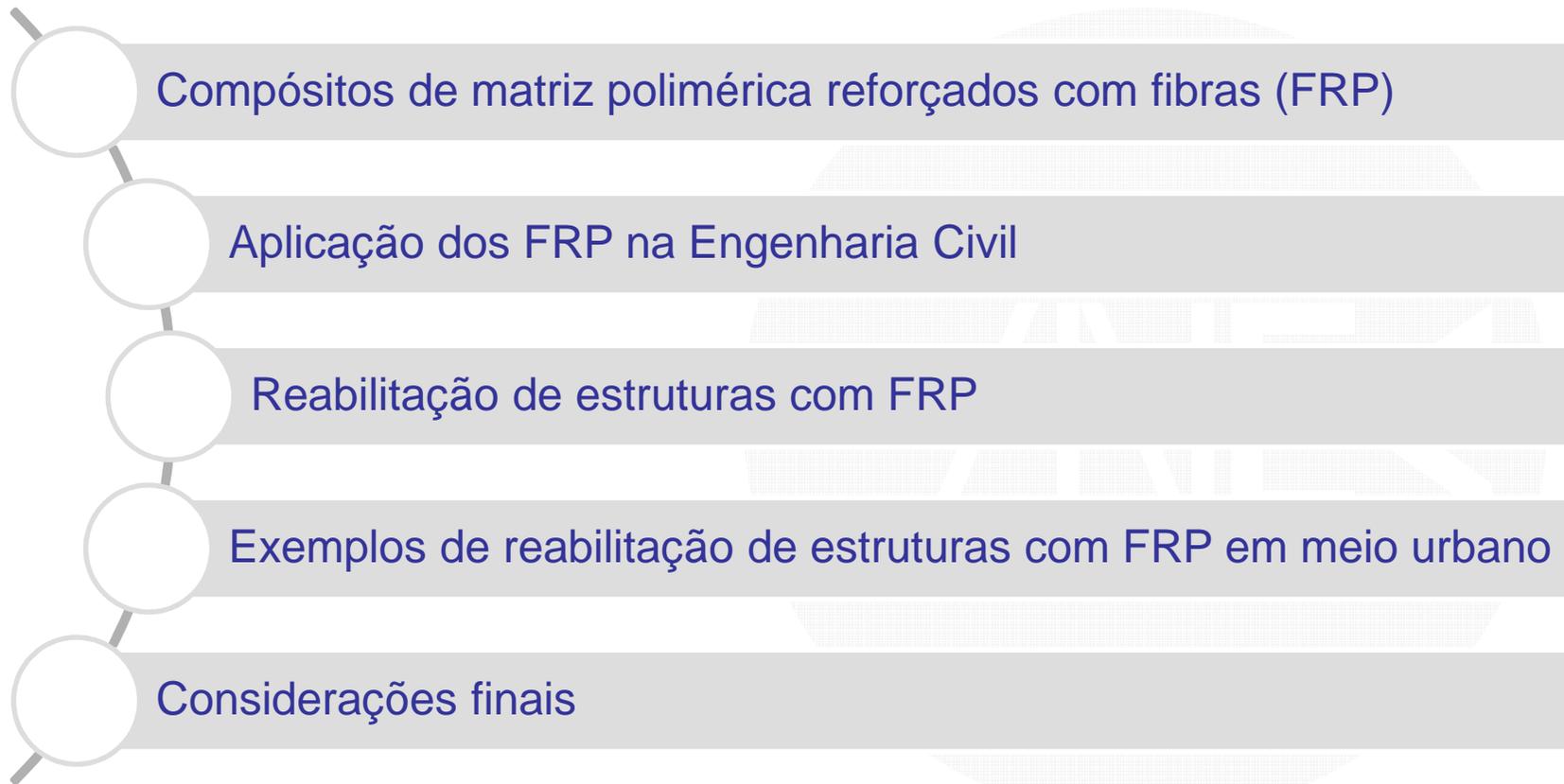
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Reabilitação de estruturas

O SUCESSO DOS FRP NA ENGENHARIA CIVIL

Leveza	<ul style="list-style-type: none">✓ $\frac{1}{4}$ do peso do aço (em média)✓ Colmatar situações impraticáveis com materiais convencionais, devido ao peso✓ Facilidade de transporte e aplicação em obra
Elevada resistência e rigidez	<ul style="list-style-type: none">✓ Possibilidade de concepção de componentes estruturais mais leves e resistentes
Versatilidade de propriedades	<ul style="list-style-type: none">✓ A escolha dos componentes dos FRP (natureza e configuração das fibras de reforço e da matriz polimérica) assim como do método de fabrico, permite fabricar o material “à medida” das exigências da aplicação em causa
Resistência à corrosão	<ul style="list-style-type: none">✓ Vantagem importante em aplicações em que podem substituir outros materiais, designadamente os metálicos
Transparência electromagnética	<ul style="list-style-type: none">✓ Relevante em estruturas em que é necessário evitar interferências electromagnéticas (exemplo armaduras metálicas do betão armado)
Resistência à fadiga	<ul style="list-style-type: none">✓ Importante em estruturas com aptidões anti-sísmicas
Manutenção reduzida	<ul style="list-style-type: none">✓ Apesar dos custos iniciais poderem ser superiores aos materiais de construção convencionais, a reduzida manutenção ao longo da vida em serviço, torna-os economicamente competitivos





APLICAÇÕES DOS FRP NA ENGENHARIA CIVIL



REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS EXISTENTES



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Reparação

Colmatação de uma deficiência funcional, ou substituição de um componente estrutural degradado; traduz as situações em que se recupera a resistência da estrutura onde ela está comprometida

Reforço

Relacionado com a melhoria do nível de desempenho da estrutura; pode igualmente resultar da correcção de anomalias decorrentes de deficiências de projecto e/ou construção ou falta de manutenção

Protecção sísmica

Associado à melhoria da capacidade da estrutura para resistir a sismos, nomeadamente por aumento da ductilidade e da resistência ao corte dos seus elementos estruturais, o que permite que se atinjam níveis de dissipação da energia e de capacidade de deformação compatíveis com as exigências estabelecidas nos regulamentos aplicáveis à estrutura em causa

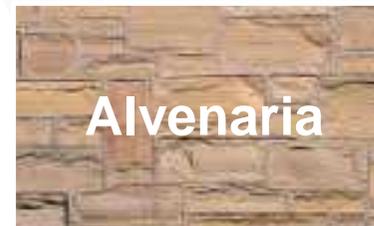


REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS COM FRP



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- ✓ Correção de anomalias (de projeto ou de construção)
- ✓ Nova utilização de uma estrutura com exigências acrescidas
- ✓ Melhoria da capacidade de resistir às ações sísmicas (resultante de exigências de novos regulamentos)
- ✓ Recuperação da resistência de estruturas onde esta ficou comprometida devido a danos acidentais ou à deterioração dos seus elementos com o tempo (envelhecimento).



ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO COM FRP

De acordo com a **natureza e especificidades da estrutura a reabilitar**, poderão ser usadas **diferentes estratégias de reabilitação**:

- Aplicação de mantas e/ou laminados de FRP, pré-tencionados ou não, nos elementos estruturais que precisem de ser reforçados
- Substituição de elementos ou partes de elementos deteriorados por FRP fabricados com a forma e o aspeto desejado
- Outras técnicas

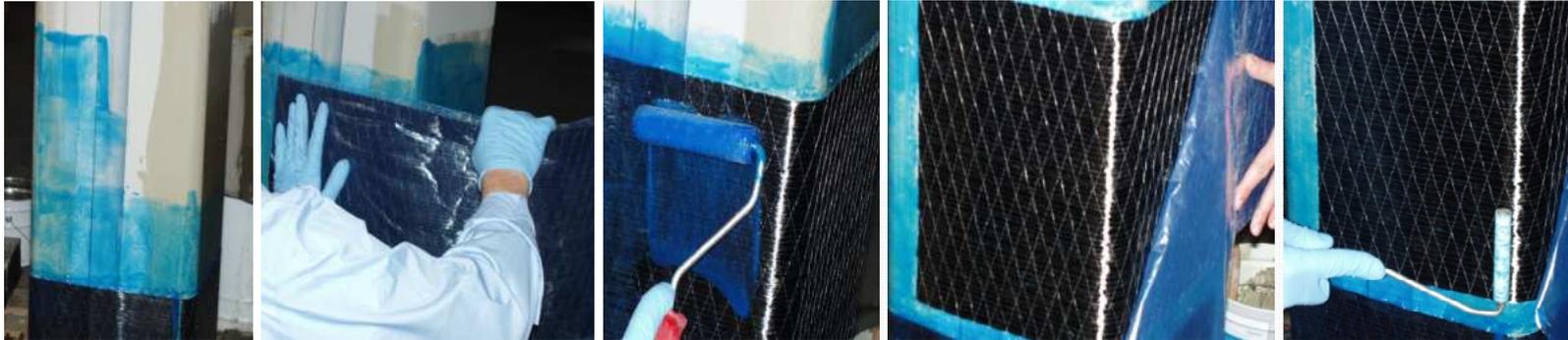
TÉCNICA (I): COLAGEM DE UM LAMINADO



Banda ou lâmina com reforço unidireccional, que é colado sobre a superfície do elemento estrutural, utilizando uma cola, geralmente de natureza epoxídica.

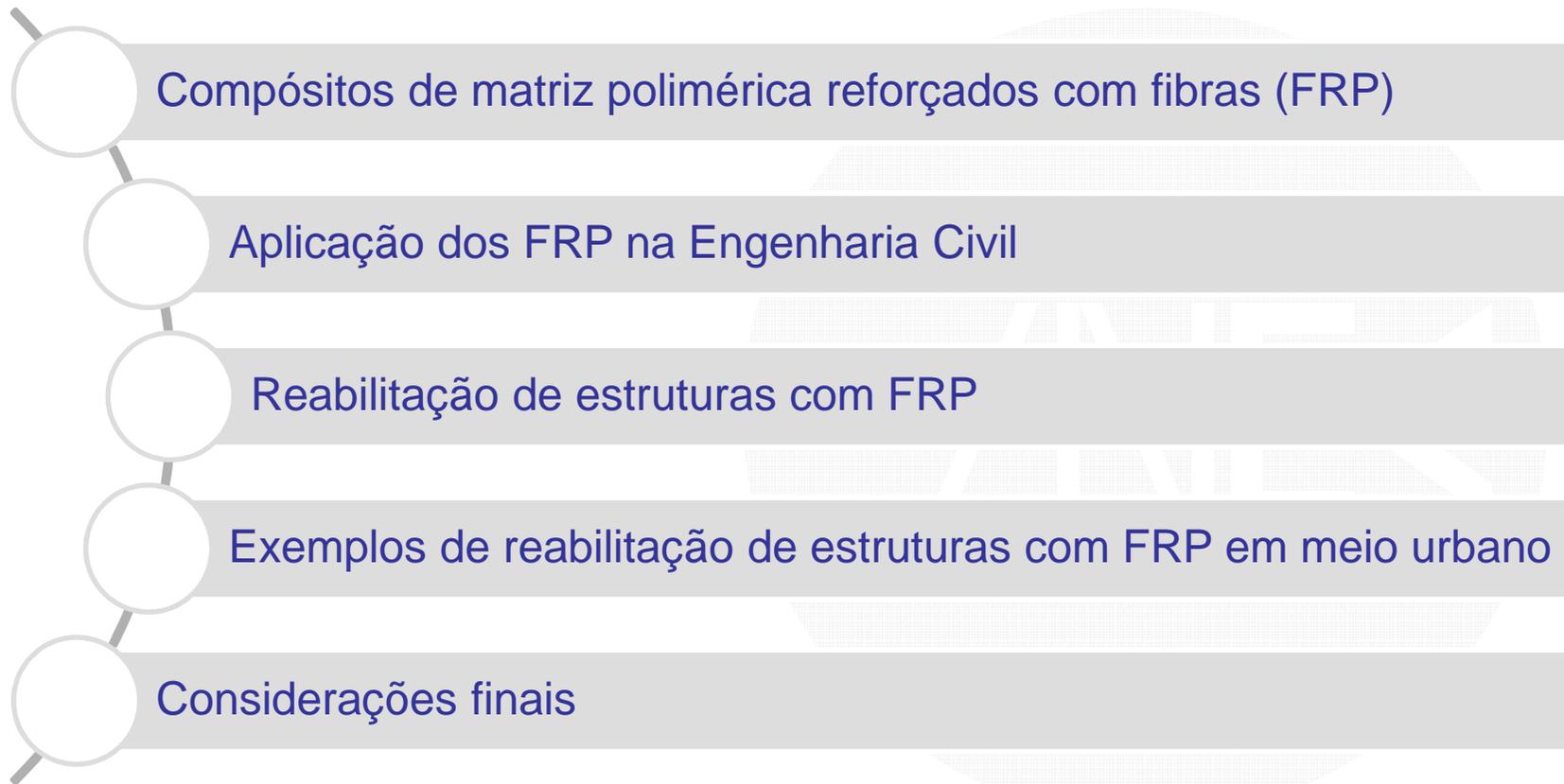
A eficácia e durabilidade desta solução depende da qualidade e resistência da colagem.

TÉCNICA (II): APLICAÇÃO DE UMA MANTA



Feixes de fibras contínuas em forma de mantas, folhas ou tecidos que se encontram pré-impregnados, ou não, com uma resina polimérica. Durante a sua aplicação em obra, esta resina é responsável pela consolidação e colagem do reforço à superfície do elemento estrutural.

Permite maior versatilidade, mas apresenta mais variabilidade das propriedades, quando comparado com o sistema pré-fabricado.





EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (I)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Reforço de elementos de betão

- **Abertura de colunas técnicas em prédios de habitação antigos**
- Abertura de coluna para a instalação de elevadores em edifícios
- Aberturas para portas
- Reforço estrutural e antissísmico de pilares



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (I)

Reforço de elementos de betão

- Abertura de colunas técnicas em prédios de habitação antigos
- **Abertura de coluna para a instalação de elevadores em edifícios**
- Aberturas para portas
- Reforço estrutural e antissísmico de pilares



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (I)

Reforço de elementos de betão

- Abertura de colunas técnicas em prédios de habitação antigos
- Abertura de coluna para a instalação de elevadores em edifícios
- **Aberturas para portas**
- Reforço estrutural e antissísmico de pilares



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (I)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Reforço de elementos de betão

- Abertura de colunas técnicas em prédios de habitação antigos
- Abertura de coluna para a instalação de elevadores em edifícios
- Aberturas para portas
- **Reforço estrutural e antissísmico de pilares**



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (II)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Reparação/reforço de elementos de madeira em edifícios

- ✓ Melhorar resistência à flexão e ao corte
- ✓ Aumentar a rigidez e ductilidade
- ✓ Optimizar desempenho de ligações mecânicas



Inserção de varões em entalhes produzidos para o efeito

Colagem superficial de perfis de FRP



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (III)

Reparação/reforço de elementos de alvenaria

Colagem superficial de perfis/bandas de FRP



Inserção de varões em entalhes produzidos para o efeito



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (V)

Reabilitação de património

A possibilidade de reproduzir o aspeto de diversos tipos de superfícies, como a pedra, o aço e o cobre tornam este material particularmente atrativo.



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (V)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Reabilitação de património

Substituição da cúpula de um palácio antigo

- A cúpula original, fabricada em aço, encontrava-se deteriorada.
- Foi substituída por painéis sanduiche de FRP produzidos e montados em fábrica.

- ✓ A leveza associada à rigidez dos painéis, permitiu a sua aplicação sobre o vão original (de grande comprimento)



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (V)

Reabilitação de património

Restauro de elementos decorativos

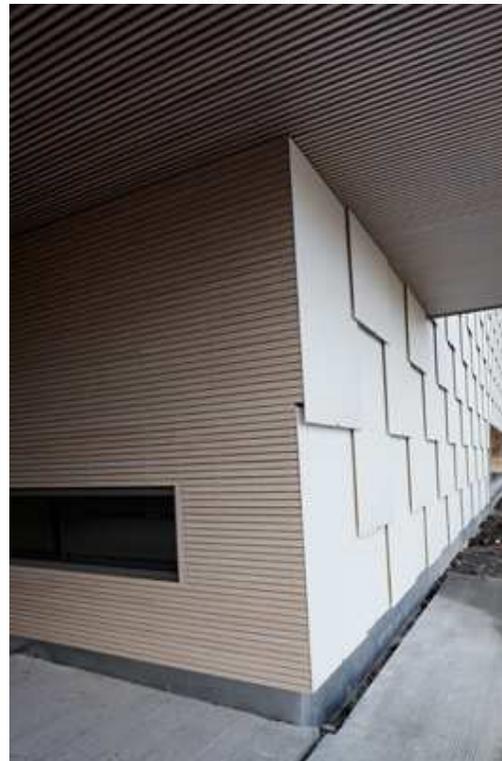
Reprodução de formas complexas e acabamentos diversos que permitem recriar elementos históricos, em trabalhos de restauro



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (VI)

Modernização de infraestruturas urbanas

- **Escolas**
- Pavilhões multiuso
- Edifícios de escritório
- Centros de exposições
- Novas expressões de Arquitetura



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (VI)

Modernização de infraestruturas urbanas

- Escolas
- **Pavilhões multiuso**
- Edifícios de escritório
- Centros de exposições
- Novas expressões de Arquitetura



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (VI)

Modernização de infraestruturas urbanas

- Escolas
- Pavilhões multiuso
- **Edifícios de escritório**
- Centros de exposições
- Novas expressões de Arquitetura



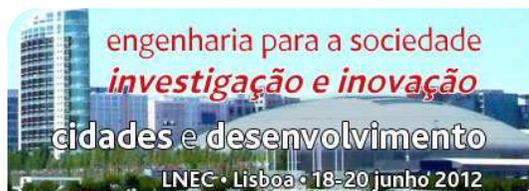
EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (VI)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Modernização de infraestruturas urbanas

- Escolas
- Pavilhões multiuso
- Edifícios de escritório
- **Centros de exposições**
- Novas expressões de Arquitetura



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (VI)

Modernização de infraestruturas urbanas

- Escolas
- Pavilhões multiuso
- Edifícios de escritório
- Centros de exposições
- **Novas expressões de Arquitetura**

A aplicação de painéis de fachada leves e de aparência moderna, associados a um sistema de isolamento térmico, utilizado na reabilitação de um edifício



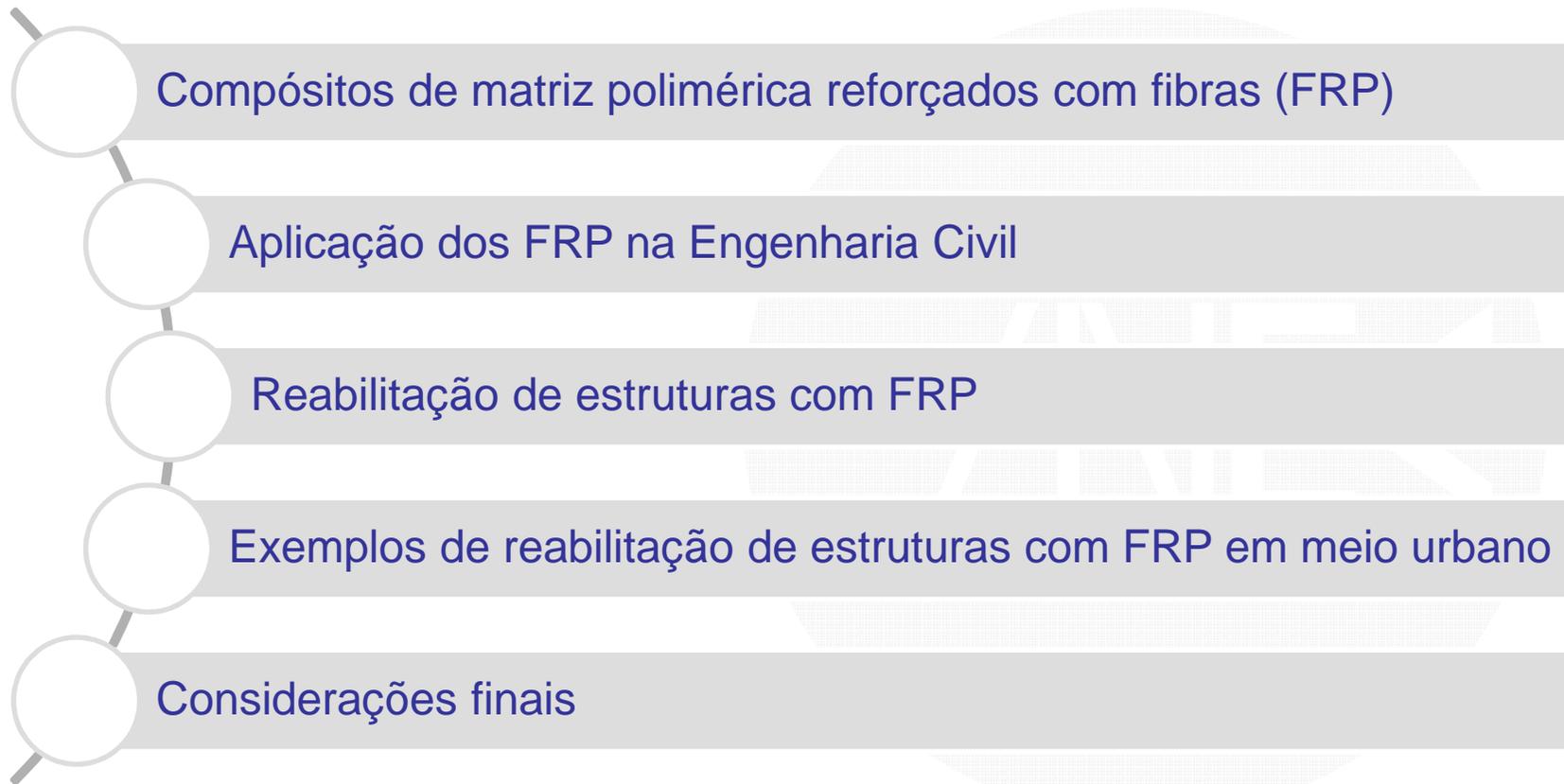
EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (VI)

Modernização de infraestruturas urbanas

- Escolas
- Pavilhões multiuso
- Edifícios de escritório
- Centros de exposições
- **Novas expressões de Arquitetura**

Edifício de 6 pisos em Barcelona, em que se procurou simular o efeito da ondulação da água







FRP NA REABILITAÇÃO NO ESPAÇO URBANO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Leveza e facilidade de aplicação

- Permite uma taxa de construção elevada, a diminuição dos custos de transporte e a minimização da duração da perturbação causada, particularmente relevante em meio urbano

Resistência mecânica elevada

- Facilidade de aplicar a resistência mecânica nas direções das solicitações

Durabilidade e necessidade de baixa manutenção

- Este aspecto é particularmente relevante em regiões com condições ambientais mais exigentes

Reparação e reforço *in situ*

- As características dos PRF e as técnicas utilizadas na sua aplicação possibilitam efetuar os trabalhos *in situ*, mesmo em espaços mais confinados, como acontece frequentemente em meio urbano

Versatilidade na aparência

- Possibilidade de obter uma grande variedades de texturas, formas e cores



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Muito obrigado
pela vossa atenção

